Verlag Schnelle
Eberhard und Wolfgang Schnelle GmbH & Co
2085 Quickborn bei Hamburg
Postscheckkonto Hmb 103676. Global Bank Hamburg 25011
Druck: S. Maurischat & A. Bevensee, Quickborn. Printed in Germany.

GRUNDLAGENSTUDIEN

AUS

KYBERNETIK

UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 5 HEFT 2 Oktober 1964

Kurztitel: GrKG 5/2 Schnelle, 2085 Quickborn/Germany

INHALT

VERLAG SCHNELLE, QUICKBORN BEI HAMBURG

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht. (GrKG 1, 1960, S. 1)

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint für Abonnenten ein Beiheft.
Preis: DM 4,80 je Heft und Beiheft. Für Angehörige von Lehranstalten 2,88 DM.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleitung

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées cybernetique. L'introduction en esthétique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les «Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft» ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres. (GrKG, T. 1, 1960, p. 1.)

Il paraissent 4 numéros de 32 à 48 pages par an et un numéro spécial, pour les abonnés. Prix: DM 4.80 le numéro (et le numéro spezial); pour membres des universités et écoles DM 2.88. L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les GrKG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverture.

Rédacteur en chef

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodologica- tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books. (GrKG, 1, 1960, p. 1)

GrKG are published in 4 numbers each year, with 32–48 pages per number. A special number is edited each year for the subscribers.
Price: DM 4.80 per number (and spezical number). For members of universities and schools DM 2.88. Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The GrKG may be received by booksellers or directly by the publisher.
Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
Berlin 46, Malteserstr. 74/100

BEDEUTUNG SPRACHLICHER BEGRIFFE

von Hardi Fischer, Zürich

In einem kleinen Forschungsteam in Zürich haben wir uns bemüht, Fragen der semantischen Bedeutung von Begriffen zu klären. Vorgängig stellten wir mit "semantic differential" Osgoods Versuche an, die uns erlaubten, gewisse korrelative Hinweise über den Zusammenhang sprachlicher Begriffe zu erhalten. Die von Osgood verwendete Methode der Faktorenanalyse setzt nun allerdings voraus, daß der semantische Raum einen Ursprung besitze, dessen Erklärung zunächst nicht gegeben ist. Ebensowenig ist die n-dimensionale Orthogonalität erwiesen. Sie ist vielmehr Ausdruck einer alleinigen mathematischen Methode. Gibt es einen Begriff "Null" und welcher Begriff ist es? Diese offene Frage erinnert uns an die atomistische, semantische Theorie Carnaps. Welches sind seine Atomsätze wirklich? Sind sie identisch mit den der Wirklichkeit direkt entnommenen Aussagen, von denen Wittgenstein spricht?

Beide Thesen scheinen uns verfehlt und beide sind bis heute letzten Endes unbewiesen geblieben. Zudem dürften im Bereiche der Psycholinguistik die korrelativen Zusammenhänge zur Erklärung von Bedeutungen kaum genügen. Natürlich wäre es ideal, die Begriffe in ihrem jeweiligen sprachlichen Kontext zu untersuchen, doch ist dies ein fast unmögliches Unterfangen. Wir bemühen uns deshalb in erster Annäherung um eine operatorische Analyse sprachlicher Begriffe. Als einen der möglichen Ausgangspunkte wählten wir, in Anlehnung an Osgoods Arbeiten und um seine Ergebnisse mit den unsrigen zu vergleichen, die Umschreibung von Substantiven durch Adjektive, wobei wir uns vorläufig auf gegensätzliche Eigenschaftswörter beschränkten.

Ziel unserer Forschungen soll die Veränderung der operatorischen Struktur der Begriffe bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen sein. Ferner erhoffen wir uns eine mögliche Klassifikation sprachlicher Begriffe durch Herausschälen von Ähnlichkeiten und von Gegensätzen.

Ich möchte heute einige wenige Resultate mitteilen, mehr als Illustration und nicht als etwas Endgültiges. Aus dem von uns gesammelten reichen Material bei Mittelschü -

lern und Studenten wählten wir unter anderem folgende Eigenschaftsdimensionen:

p	gut	-	schlecht	$\bar{p}$	I
q	hart	-	weich	$\bar{q}$	II
r	aktiv	-	passiv	$\bar{r}$	III
s	stark	-	schwach	$\bar{s}$	II

Nebenbei bemerkt: Die römischen Ziffern geben die Zugehörigkeit zu den Faktoren Osgoods:

I	Bewertung	Varianzanteil: ca.66 %
II	Stärke	Varianzanteil: ca.16 %
III	Aktivität	Varianzanteil: ca. 14%

Wir stellten folgende Art von Fragen (konjunktiv):

Könnte ein Schwamm trocken und weich sein?
Könnte ein Schwamm trocken und hart sein?
Könnte ein Schwamm nass und weich sein?
Könnte ein Schwamm nass und hart sein?

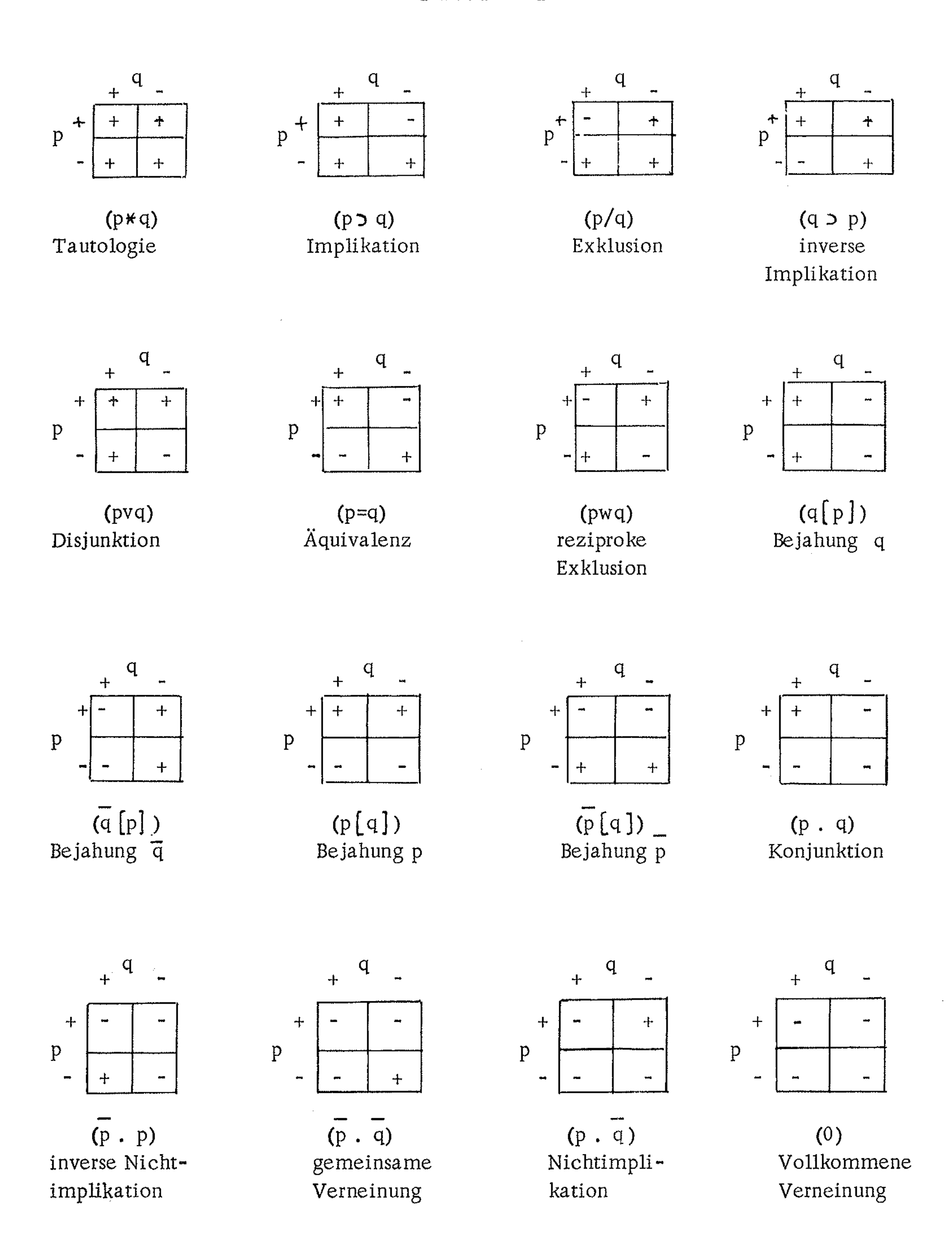
Die Antworten kann man in ein Vierfeldschema zusammenfassen (+ bedeutet Bejahung, - bedeutet Verneinung):

		Dimension y	
		hart	weich
Dimension x	trocken	+	-
	nass	-	+

Dies ergäbe beispielsweise die logische Operation (x = y), Äquivalenz.

Bezeichnen wir die beiden verwendeten Propositionen mit p und mit q, dann gibt es 16 Antwortmöglichkeiten gemäß der Aufstellung in Tafel 1.

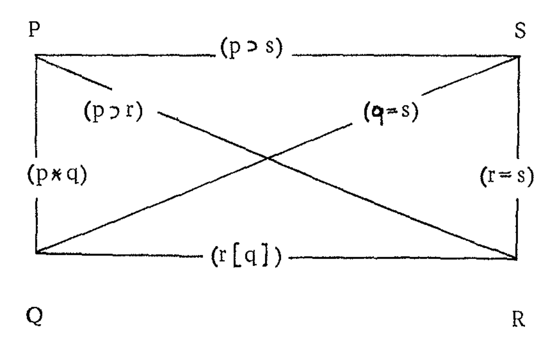
T a f e l 1


(p∗q)
Tautologie
(p ⊃ q)
Implikation
(p/q)
Exklusion
(q ⊃ p)
inverse
Implikation
(pvq)
Disjunktion
(p=q)
Äquivalenz
(pwq)
reziproke
Exklusion
(q[p])
Bejahung q
(q̄ [p])
Bejahung q̄
(p[q])
Bejahung p
(p̄ [q])
Bejahung p̄
(p . q)
Konjunktion
(p̄ . p)
inverse Nicht-
implikation
(p̄ . q̄)
gemeinsame
Verneinung
(p . q̄)
Nichtimpli-
kation
(0)
Vollkommene
Verneinung

Die natürlichen oder spontanen Operationen, die uns von den Versuchspersonen gegeben wurden, notieren wir. Für Führung ergab sich beispielsweise:

$$(p * q) \,.\, (p \supset r) \,.\, (p \supset s) \,.\, (r [q]) \,.\, (q = s) \,.\, (r = s)$$

Wir können die Operationen in Analogie zu einem Graphen wie folgt darstellen:



Betrachten wir nun einmal das Dreieck PQR. Die Operationen $(p * q)$ und $(r [q])$ sollten, falls die Situation formal logisch wäre, die dritte Operation $(p \supset r)$ bestimmen. Dies ist aber vielfach nicht der Fall.

Um diese Situation auszutesten, stellen wir die als Tafel 2 wiedergegebene Wahrheitstabelle zusammen, wobei wir drei Funktionen wie folgt unterscheiden:

H_1 (p, q), hier $H_1 = (p * q)$, bekannt

H_2 (q, r), hier $H_2 = (r [q])$, bekannt

H_3 (p, r), unbekannt

Tafel 2

	p	q	r	H_1	H_2	H_3
1	+	+	+	+	+	+
2	+	+	-	+	-	[-]
3	+	-	+	+	+	+
4	-	+	+	+	+	+
5	+	-	-	+	-	[-]
6	-	+	-	+	-	[-]
7	-	-	+	+	+	+
8	-	-	-	+	-	[-]

Die Kolonne H_3 richtet sich nach den Propositionen p und r. Wir suchen H_3 so, daß die Wahrheitsstellen mit der Konjunktion $H_1 . H_2$ zusammenfallen. Für p und r haben wir je gleichwertige Situationen für folgende Zeilen:

1 und 3
2 und 5
4 und 7
6 und 8

Für die Zeilen 2 und 5, sowie für 6 und 8 bleiben die Bejahung, resp. Verneinung noch offen. Wir haben deshalb folgende Möglichkeiten:

Alle Zeilen bejaht	(p * r)
Alle Zeilen bejaht, außer Zeilen 2 und 5	(p ⊃ r)
Alle Zeilen bejaht, außer Zeilen 6 und 8	(p ∨ r)
Alle Zeilen bejaht, außer Zeilen 2, 5, 6 und 8	(r [p])

Die letzte Möglichkeit (r [p]) ist die Minimalfunktion. Sie entspricht in unserem Beispiel nicht der erhaltenen Spontanfunktion (p ⊃ r). Dagegen figuriert diese Funktion unter den weiteren noch möglichen, formal gefundenen Funktionen (2. Zeile).

Wir haben zwischen drei Möglichkeiten zu unterscheiden:

a) Ganze Abweichungen (spontane und formale Operationen stimmen überhaupt nicht überein)

b) "Halbe" Abweichungen (die spontane Operation stimmt mit einer formalen, nicht aber mit der minimal-formalen Operation überein)

c) Keine Abweichungen (die spontane und die minimal-formale Operation stimmen überein).

Somit sind für jeden Begriff bezüglich der vier Eigenschaftsdimensionen zwölf Untersuchungen - drei für jedes Dreieck - notwendig. Wir fanden:

	Abweichungen		
Begriff	ganze	"halbe"	keine
Autorität	7	4	1
Führung	6	2	4
Leben	4	0	8
Tod	7	4	1
Weiblichkeit	4	1	7
Männlichkeit	6	3	3

Wir sehen, daß der Begriff "Leben" einer formalen logischen Struktur am nächsten kommt. Man kann sich fragen, ob diese Beobachtung mit der Stabilität der Bedeutung des Begriffes zusammenhängt.

Nun wird ja, wie die Graph-Darstellung zeigt, jede Operation zweimal formal bestimmt, weil jede Verbindung zwei Dreiecken angehört, wobei die beiden formal gewonnenen Operationen aber nicht immer identisch sind. Für den Begriff der Autorität fanden wir beispielsweise:

$$(p \ast q) \;.\; (p \ast q) = (p \ast q)$$
$$(r[p]) \;.\; (r[p]) = (r[p])$$
$$(s[p]) \;.\; (p \ast s) = (s[p])$$
$$(q \vee r) \;.\; (r[q]) = (r[q])$$
$$(q \vee s) \;.\; (q \ast s) = (q \vee s)$$
$$(r \ast s) \;.\; (r \,.\, s) = (r \,.\, s)$$

Die beiden Operationen sollten also gleichzeitig existieren können; sie werden logisch multipliziert. Die resultierenden Operationen verhalten sich nun nicht automatisch so, daß die formale Logik für sie praktisch zutrifft.

Eine zweite oder weitere analog geführte Korrekturen werden meist notwendig. Wir

fanden folgende Korrekturzahlen:

Autorität:	3
Führung:	6
Leben:	3
Tod:	5
Weiblichkeit:	3
Männlichkeit:	3

Jetzt hat man eine formal logische Struktur:

Autorität:	$(p * q) \,.\, (r[p]) \,.\, (s[p]) \,.\, (r[q]) \,.\, (s[q]) \,.\, (r \,.\, s)$
Führung:	$(q[p]) \,.\, (r[p]) \,.\, (s[p]) \,.\, (q \,.\, r) \,.\, (q \,.\, s) \,.\, (r \,.\, s)$
Leben:	$(p * q) \,.\, (p * r) \,.\, (p * s) \,.\, (q * r) \,.\, (q * s) \,.\, (r * s)$
Tod:	$(p \,.\, q) \,.\, (p \,.\, r) \,.\, (p \,.\, s) \,.\, (q \,.\, r) \,.\, (q \,.\, s) \,.\, (r \,.\, s)$
Weiblichkeit:	$(\overline{q}[p]) \,.\, (p * r) \,.\, (p * s) \,.\, (\overline{q}[r]) \,.\, (\overline{q}[s]) \,.\, (r * s)$
Männlichk.:	$(q[p]) \,.\, (r[p]) \,.\, (s[p]) \,.\, (q \,.\, r) \,.\, (q \,.\, s) \,.\, (r \,.\, s)$

Hat man die zum Begriff zugehörige Formalstruktur gefunden, kann man die sechs Operationen ausmultiplizieren. Wir erhielten:

Autorität:	$(r \,.\, s \,.\, (p * q))$
Führung:	$(q \,.\, r \,.\, s \,.\, [p])$
Leben:	$(p * q * r * s)$
Tod:	$(p \,.\, q \,.\, r \,.\, s)$
Weiblichkeit:	$(\overline{q} \,.\, (r * s) \,.\, [p])$
Männlichkeit:	$(q \,.\, r \,.\, s \cdot [p])$

Wir stellten fest, daß Führung und Männlichkeit dieselbe Kernstruktur aufweisen; ebenso bèsitzen Leben und Weiblichkeit dieselbe Kernstruktur. Natürlich gelten diese Erkenntnisse nur im Bereiche der vier verwendeten Dimensionen. Wir führten unsere Untersuchung aber mit zehn Dimensionen und mit zwölf Begriffen durch. Wir wollten hier lediglich einen Fingerzeig für eine Klassifikationsmöglichkeit der Begriffe geben.

Für uns stellt sich jetzt die grundsätzliche Frage, ob das sprachlich-begriffliche Denken nicht ein strukturelles und operatorisches Denken sei, in dem im Sinne der beschriebenen Angleiche und Korrekturen momentane Gleichgewichtszustände angestrebt werden, vergleichbar etwa dem Ausgleich in kommunizierenden Röhren. Den Beweis sind wir allerdings vorerst noch schuldig, doch verdichtet sich bei uns die entsprechende Hypothese dazu.

Bestehen zwischen scheinbaren gegensätzlichen Begriffen auch gewisse Gesetzmäßigkeiten? Osgood und wir selbst fanden mit der Methode des "semantic differential" zwischen den Begriffen "Liebe" und "Hass" praktisch keine Korrelation. Ist die Gegensätzlichkeit eher auf inverse, reziproke oder korrelative Operationen zurückzuführen oder müssen wir mit entsprechenden uneinheitlichen Operationen rechnen? Für 45 spontane, nicht formal ausgewogene Operationspaare fanden wir zwischen den beiden Begriffen 3 identische, 5 inverse, 4 reziproke und 1 korrelatives Operationspaar. Wie wird das Ergebnis aussehen, wenn wir mit den korrigierten Operationen vergleichen können? Es wird jedenfalls noch geraume Zeit brauchen, bis wir die Auswertungen der Operationsvergleiche abschließen können, wie sie wahrscheinlich in unserem Kopf in Sekunden bewältigt werden.

(Dieses Forschungsprojekt wurde mit Krediten vom Schweizerischen Nationalfonds für wissenschaftliche Forschung unterstützt.)

Eingegangen am 1. April 1964

ÜBER EINEN ANSATZ ZU EINEM PROBABILISTISCHEN GEDÄCHTNISMODELL

von Helmar Frank (Waiblingen), Berlin

1. Problemstellung

In zwei früheren Arbeiten (Frank, 1961, 1962) war versucht worden, das Fassungsvermögen K_v des vorbewußten Gedächtnisses zu ermitteln. Dabei gingen wir aus von der Zuflußgeschwindigkeit ("Lerngeschwindigkeit") C_v einerseits und andererseits von der in Anlehnung an Förster (1948) erfolgten Beschreibung der Ebbinghausschen Vergessenskurve durch die Differentialgleichung

$$V = \frac{d\,I(t)}{dt} = -k \,.\, I(t)\,. \tag{1}$$

Dabei bezeichnet V die Vergessensgeschwindigkeit, I (t) die zum Zeitpunkt t im Gedächtnis bewahrte Informationsmenge, und k eine Zerfallskonstante, welche angibt, welcher Bruchteil von I (t) pro Zeiteinheit vergessen wird. Da demnach desto mehr vergessen wird, je größer I (t) ist, muß der mit konstanter Geschwindigkeit C_v erfolgende Prozeß des Einlernens in das zunächst leere Gedächtnis zu einem Fließgleichgewicht führen, d.h. es muß für den Gedächtnisinhalt eine unüberschreitbare Größe K existieren, die dadurch ausgezeichnet ist, daß sie nach (1) eine Vergessensgeschwindigkeit bewirkt, welche gerade noch von der Lerngeschwindigkeit kompensiert wird:

$$V = -k \,.\, K = -C_v\,. \tag{2}$$

Da das vorbewußte Gedächtnis demnach nicht mehr Information als K enthalten kann, auch wenn beliebig viel Speicherplatz zur Verfügung stünde, ist es sinnvoll, die durch (2) definierte Größe K als Fassungsvermögen K_v des vorbewußten Gedächtnisses zu bezeichnen. Dabei mußte keinerlei Kausalzusammenhang vom Lernen zum Vergessen postuliert werden. Es liegt jedoch nahe, anzunehmen, es sei überhaupt nicht mehr Speicherplatz vorhanden als zur Bewahrung der Informationsmenge K_v ausreicht. Die Konsequenz dieser Annahme ist die oft angestellte Vermutung, Vergessen sei ein Verdrängtwerden durch neue Gedächtnisinhalte, wofür die beträchtliche Reduktion der Vergessensgeschwindigkeit während des Schlafes spricht. Erfolgt dieses Verdrängen stochastisch,

dann wird theoretisch eine bestimmte Wissensmenge I_o (z. B. eine Menge sinnloser Silben) gerade gemäß der Differentialgleichung (1) vergessen, also nach dem Zerfallsgesetz:

(3) $$I(t) = I_o \cdot e^{-kt}$$

Da es nur auf das Verhältnis $I(t) : I_o$ ankommt, könnte k (und damit nach Gleichung 2 auch K_v) aus der Ebbinghausschen Vergessenskurve ermittelt werden.

Man kommt jedoch in Übereinstimmung mit dem sogenannten "2. Jostschen Satz" (vgl. z. B. Rohracher, 1960, S. 255) auf verschiedene Werte von k, je nachdem, ob man die empirische Vergessenskurve für kleine oder für große t annähern will (Bild 1). Den ursprünglichen Ansatz von Förster inhaltlich umdeutend hatten wir versucht (Frank, 1961),

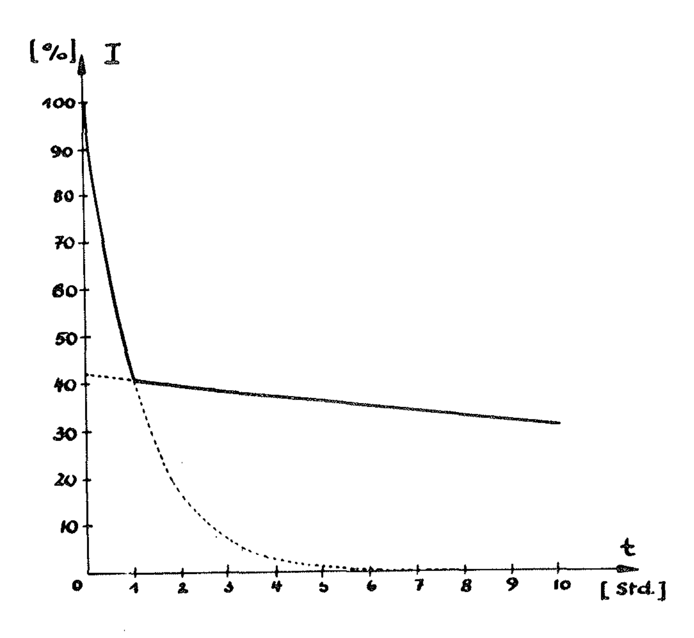


Bild 1

Die Approximation der Ebbinghausschen Vergessenskurve durch eine Zerfallskurve führt an Stellen kleiner t zu einer Zerfallskurve erheblich geringerer Halbwertszeit als an Stellen großer t.

als Begründung hierfür eine Neueinspeicherung anläßlich der Memoration, insbesondere der Perseveration, heranzuziehen, also Gleichung (1) zu ersetzen durch

$$(1a) \qquad V = \frac{d\,I\,(t)}{dt} = -\,(k - m_i)\,.\,I\,(t),$$

wobei für verschiedene Gedächtnisinhalte verschieden große Memorationskoeffizienten $0 \leq m_i \leq k$ anzusetzen wären.

Damit kommt man nun zwar, wie sich aus der Untersuchung von Förster ergibt, zu einer höchst befriedigenden Approximation der Vergessenskurve durch eine Überlagerung schon sehr weniger Zerfallskurven der Form (1 a) mit m_i als Parameter. Jedoch entzieht sich m_i und damit k einer Messung. Man könnte nur das größte $k - m_i$ als untere Schranke von k ansehen und daraus nach (2) K_v nach oben abschätzen. Insbesondere steckt aber hinter der durch (1 a) versuchten Lösung der Schwierigkeit die introspektiv nicht zu rechtfertigende Voraussetzung, von dem vor langer Zeit Gelernten werde pro Zeiteinheit nur deshalb nicht derselbe Prozentsatz vergessen wie von dem eben Gelernten, weil das seinerzeit Gelernte auch jetzt noch häufiger memoriert wird als die erst vor kurzem eingespeicherte Information. Aufgrund der Perseveration dürfte aber gerade das Umgekehrte zutreffen. Auch der bekannte Effekt des "Überlernens" (vgl. z.B. Rohracher, 1960, S. 249) bleibt vom bisherigen Ansatz her schwer verständlich.

2. Erweiterung des Modells

In der Psychologie ist schon lange eine Unterteilung des vorbewußten Gedächtnisses in ein Kurz- und ein Langgedächtnis üblich, wobei ersteres (das nicht mit dem Kurzspeicher verwechselt werden darf!) eine größere Zuflußkapazität und Vergessensgeschwindigkeit aber wohl ein kleineres Fassungsvermögen hat als letzteres und sich wohl auch durch die Perseveration gegenüber diesem letzteren abhebt. Wir knüpfen an diese Unscheidung die folgende Modellvorstellung.

Das Kurzgedächtnis verfüge über den Speicherplatz K_{vk}. Es vermag mit der Geschwindigkeit $C_{vk} < C_k$ Nachrichten aus dem Kurzspeicher aufzunehmen, wobei zwei Zufallsprozesse zu unterscheiden sind:

(1) Die *Auswahl* der aus dem Kurzspeicher übernommenen Nachrichten erfolgt zufällig, wobei es irrelevant ist, ob diese Nachrichten durch Apperzeption, Memoration oder reflexive Bewußtseinsprozesse in den Kurzspeicher gelangten. Die Verteilung der Auswahlwahrscheinlichkeit bleibt offen - der naheliegende Ansatz ist die Gleichsetzung mit der Verteilung der Auffälligkeit (Penetranz; vgl. Frank, 1964 a).

(2) Die Wahl der Speicherzellen im Kurzgedächtnis erfolgt wiederum zufällig - die bisher dort gespeicherten Gedächtnisinhalte werden überschrieben (d.h. vergessen, "verdrängt"). Ebenso wie bei der Auswahl der einzulernenden Kurzspeicherinhalte be-

trifft auch das Überschreiben bisheriger Kurzgedächtnisinhalte stets ganze Wörter (d. h. Codierungen je einer Nachricht bzw. eines Zeichens), nicht einzelne Codeelemente. (Das hiermit entstehende Problem der unterschiedlichen Wortlänge, die zumindest für den Kurzspeicher in der Informationspsychologie angenommen wird, möge einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben, ebenso wie die Frage, ob ein Kurzgedächtnisinhalt, der zufällig nochmals dem Kurzspeicher entnommen wird, an einer zweiten Stelle des Kurzgedächtnisses zusätzlich gespeichert werden kann.)

Das Langgedächtnis verfüge über den Speicherplatz K_{vl}. Es vermag mit der Geschwindigkeit $C_{vl} < C_{vk}$ Nachrichten aus dem Kurzgedächtnis aufnehmen, wobei dieselben beiden Zufallsprozesse wie beim Kurzgedächtnis zu beachten sind, mit dem Unterschied, daß die Auswahl nicht unmittelbar aus dem Kurzspeicher, sondern aus dem Kurzgedächtnis erfolgt. Es soll möglich sein, daß ein Kurzgedächtnisinhalt zugleich Inhalt des Langgedächtnisses ist. Als Inhalt des vorbewußten Gedächtnisses ist also die Vereinigungsmenge der Inhalte des Kurz- und des Langgedächtnisses anzusprechen. Der empirischen Vergessenskurve ist nicht zu entnehmen, wo der jeweils noch vorhandene Informationsrest bewahrt ist.

Unter Zugrundelegung dieses Modells gilt also die Differentialgleichung (1) bzw. das Zerfallsgesetz (3) für beide Teile des vorbewußten Gedächtnisses getrennt. Aus Bild 1 ist zu folgern, daß die Zerfallskonstante k für das Langgedächtnis sehr viel kleiner ist als für das Kurzgedächtnis, so daß nach Gleichung (2) $C_{vl} : K_{vl} < C_{vk} : K_{vk}$ sein muß. Durch Variation der in dieser Ungleichung steckenden Parameter kann nun eine Approximation der empirischen Vergessenskurven durch die aus unserem gedanklichen Modell folgende theoretische Vergessenskurve vorgenommen werden. Da die mathematische Beschreibung der letzteren auf umständliche Ausdrücke führt, empfiehlt sich die Behandlung des Problems durch ein Rechnerprogramm. Relativ grobe Näherungen führten einstweilen auf $C_{vk} \approx 0{,}4 \ldots 0{,}8$ bit/sec, $C_{vl} \approx 1/10\, C_{vk}$, $K_{vk} \approx 1000 \ldots 2000$ bit, $K_{vl} \approx 10^5 \ldots 10^8$ bit.

3. Folgerungen

Das Modell bewährt sich insofern, als daraus nicht nur der qualitative Verlauf der Vergessenskurve (also letztenendes der 1. Jostsche Satz) folgt, zu deren Deutung es entwickelt wurde. Auch der Effekt des Überlernens wird ohne zusätzliche Voraussetzungen erklärt: die weitere Beschäftigung mit einem schon hundertprozentig beherrschten Gedächtnisstoff bringt einen größeren Anteil von diesem auch in das Langgedächtnis, wodurch die Vergessensgeschwindigkeit sinkt. Auch der zweite Jostsche Satz, demnach ein alter Lernstoff mit weniger Übungszeit als ein neuer um denselben vergessenen Anteil ergänzt wird, folgt zumindest qualitativ aus dem Modell. Denn neues Lernen bedeutet Überschreiben bisher verfügbarer Kurzgedächtnisinhalte, also das Risiko, daß dadurch auch schon gelernte Teile des eben einzulernenden Stoffes verloren gehen und

neu gelernt werden müssen; alte Lernstoffe sind jedoch überwiegend solche, die im Langgedächtnis, also sicherer, gespeichert sind. Auch mit der traditionellen Vergessenskurve (Bild 2, nach Hofstätter, 1957) ist das Modell veträglich:

(1) Im Abschnitt beschleunigter Steigung findet noch eine informationelle Akkomodation statt, so daß nach einem bekannten Satz (z.B. Frank, 1964 b) die insgesamt gelernte subjektive Information größer ist als die als Ordinatenwert in Bild 2 meist eingetragene objektive Information.

(2) Im geradlinigen Abschnitt wirkt sich C_{vk} praktisch allein aus, da die Wahrscheinlichkeit des Überschreibens schon eingelernter Teile desselben Lernstoffes noch gering ist.

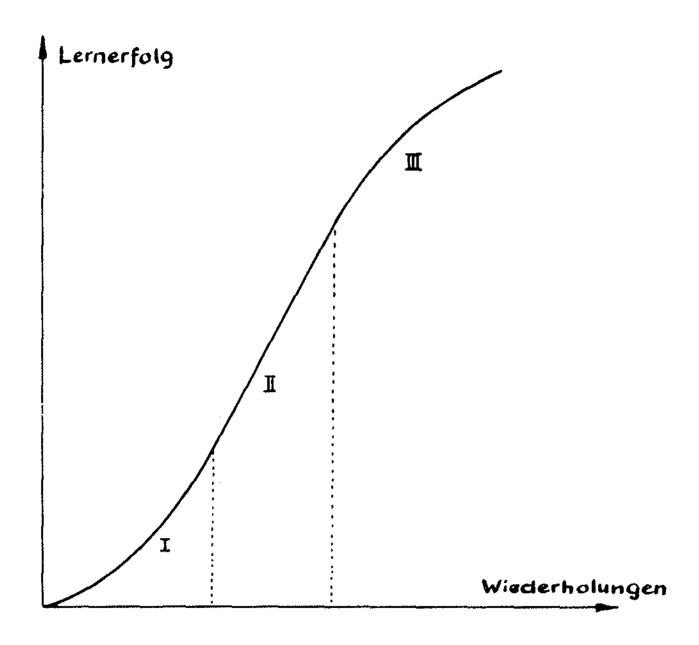


Bild 2

Die traditionelle Lernkurve. Die Maßbestimmungen beider Variablen sind uneinheitlich, so daß dieselben Sachverhalte auf verschiedene Kurven führen können.

(3) Dieses Überschreiben wird merklich im dritten Abschnitt, in welchem überdies immer mehr schon Bekanntes apperzipiert werden muß, so daß die Wahrscheinlichkeit des zufälligen Einlernens neuer Lernstoffteile sinkt.

Ein Modell ist wertlos, wenn es keine prinzipiell falsifizierbaren Konsequenzen zuläßt. Eine solche erhält man, wenn man die bei Rohracher (1960, S. 244 f.) mitgeteilten Meßwerte aus Selbstversuchen von Ebbinghaus informationstheoretisch auswertet.

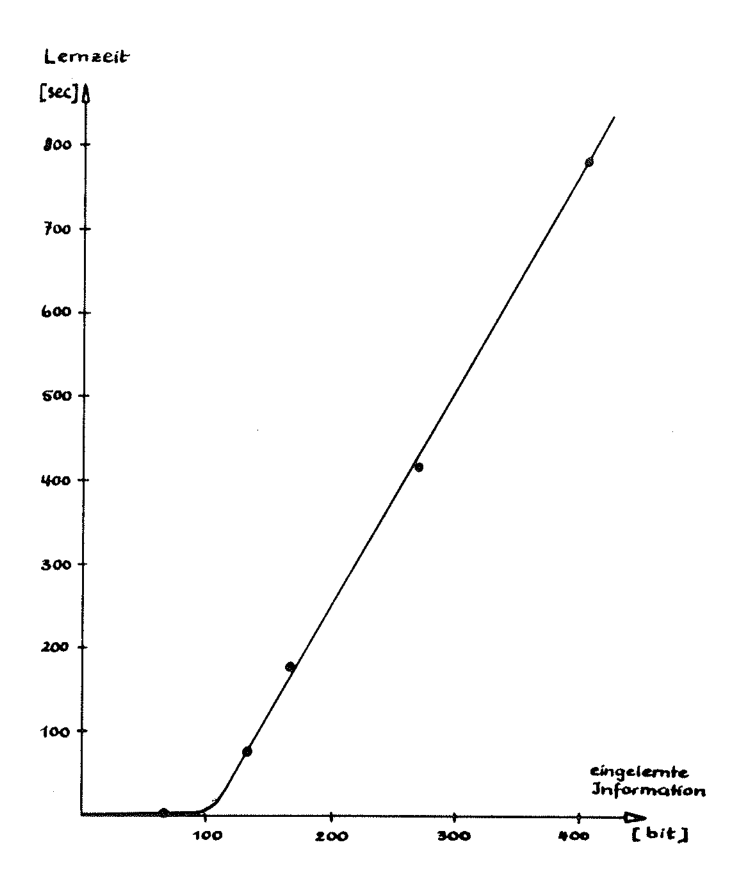


Bild 3

Das Gesetz von Ebbinghaus in informationeller Darstellung.
Meßwerte umgerechnet aus Ergebnissen von Ebbinghaus.

Man erhält als Zusammenhang zwischen gelernter Information und Lernzeit die in Bild 3 eingetragenen Punkte. Da zwischen dem Schluß des Einlernens und der Kontrolle der augenblicklich verfügbaren Information eine kleinere Zeitspanne als die Gegenwartsdauer lag, konnten noch Kurzspeicherinhalte wiedergegeben werden, so daß der geradlinige Kurvenanteil nicht durch den Nullpunkt läuft (er liefert vielmehr eine bei 100 bit liegende untere Schranke für K_k, das Fassungsvermögen des Kurzspeichers!). Aus dem Anstieg des geradlinigen Teils berechnet sich der vergleichsweise (vgl. u.a. von Cube, 1960) niedrige Wert $C_{vk} = 0,4$ bit/sec. Würde unser Modell zutreffen, dann dürfte der geradlinige Kurvenverlauf nicht über K_{vk} hinausreichen. (Es ist also 400 bit $< K_{vk}$!) Für größere Informationsmengen müßte die Kurve zunächst eine grössere Steigung annehmen, nämlich ungefährt $1/C_{vl}$. An der Stelle K_{vl} liegt theoretisch ein Pol.

Abschließend sei darauf aufmerksam gemacht, daß die von Steinbuch (1961, S. 44) hervorgehobene Besonderheit des Gedächtnisses gegenüber einem Speicher, nämlich die assoziative Verknüpfung der Inhalte, in unserem Modell nicht unmittelbar zum Ausdruck kommt. An einer entsprechenden Erweiterung, bei welcher Steinbuchs binäre Lernmatrix als anschauliches Modell fungiert, wird noch gearbeitet.

Eingegangen am 5. Oktober 1964

Schrifttumsverzeichnis:

Förster, Heinz — Das Gedächtnis
Verlag Deuticke, Wien 1948

Frank, Helmar — Zum Problem des vorbewußten Gedächtnisses
GrKG Bd. 2, Nr. 1, 1961, S. 17 - 24

Frank, Helmar — Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Eine Einführung in die Informationspsychologie,
Agis-Verlag, Baden-Baden, und Gauthier-Villars Paris, 1962, 175 S.

Frank, Helmar — Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte,
Verlag Schnelle, Quickborn, 1964 a, 82 S.

Frank, Helmar — Über den nicht-negativen Erwartungswert von $i_{sub}(z_i) - i(z_i)$.
Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, Bd. 5, Nr. 1, S. 25-30, 1964 b

H o f s t ä t t e r , Peter R. — Psychologie (Fischer-Lexikon Nr. 6)
Fischer Bücherei, Frankfurt/M., 1957 b, 367 S.

R o h r a c h e r , Hubert — Einführung in die Psychologie,
Verlag Urban & Schwarzenberg, Wien/Innsbruck,
7. Aufl. 1960, 524 S.

S t e i n b u c h , Karl — Die Lernmatrix
Kybernetik, Bd. 1, Nr. 1, 1961, S. 36 - 45

v o n C u b e , Felix — Zur Theorie des mechanischen Lernens,
GrKG, Bd. 1, Nr. 5, 1960 , S. 143 - 144

INFORMATIONSWISSENSCHAFT UND MUSIKANALYSE

von Volker Stahl, Uffenheim

Es soll der Versuch unternommen werden, mit den Mitteln der mathematischen Informationstheorie Stilepochen in der Musik zu charakterisieren. Das heißt, zu finden ist ein Zahlenfaktor, der einer Epoche der abendländischen Musikgeschichte oder gar einem Komponisten möglichst eindeutig zugeordnet werden kann. Es müßten sich dann die Stilkonstanz in einer Zahlenkonstanz und Stilabstände in Zahlenabständen erkennen lassen (vgl. dazu auch Fucks, 1957 und 1962).

Nur unter diesem Gesichtspunkt werden die Beispiele untersucht. Ein Angehen von "Wesen", "Inhalt", "Größe" und dergleichen der Musik mit mathematischen Mitteln darf darin nicht gesehen werden. Objekt der Untersuchung sind lediglich Elemente der Syntax, der äußeren, grammatischen Form der einzelnen Kompositionen. Der musikalische "Inhalt" etc. entzieht sich dem Zugriff der Mathematik.

Man kann bei der Betrachtung eines Musikstücks von den einfachsten syntaktischen Elementen ausgehen und übergeordnete Zusammenhänge außeracht lassen. So gesehen stellt dieses nichts anderes als eine Folge verschiedener Töne dar. Die Töne werden in einer bestimmten Form angeordnet, wobei dem Komponisten mehrere Repertoires zugleich zur Verfügung stehen: Tonhöhe, Tondauer, Intensität, Klangfarbe usw. Bestimmte Form heißt: Die Zahl der theoretischen Möglichkeiten wird stark eingeschränkt durch Kompositionsgesetze, Grenzen der Spielbarkeit, den jeweiligen Zeitgeschmack, Eigenarten des Komponisten usw. Der Künstler schöpft nur einen kleinen, im Ganzen fast stets gleichbleibenden Teil seiner Freiheit aus, d.h. er verwendet die eben für ihn charakteristischen Anordnungen bevorzugt.-Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf zwei Repertoires: Tonhöhe und Tondauer. Es wurden die Solostimmen von Violinkonzerten und -sonaten aus den Epochen vom Barock bis zur Gegenwart herangezogen. Dabei zeigt sich, daß die Kurven der ausgezählten relativen Häufigkeiten der einzelnen Elemente bei den einzelnen Komponisten ein fast gleichbleibendes und für sie signifikantes Bild ergeben. Als Beispiel sei der Verlauf der Tonhöhenhäufigkeiten bei Solosonaten Bachs angeführt (Bild 1).

Zusätzlich wurden gregorianische Gesänge untersucht. Da diese rein melismatisch und nicht mensural notiert sind, konnten lediglich die Tonhöhen ausgezählt werden.

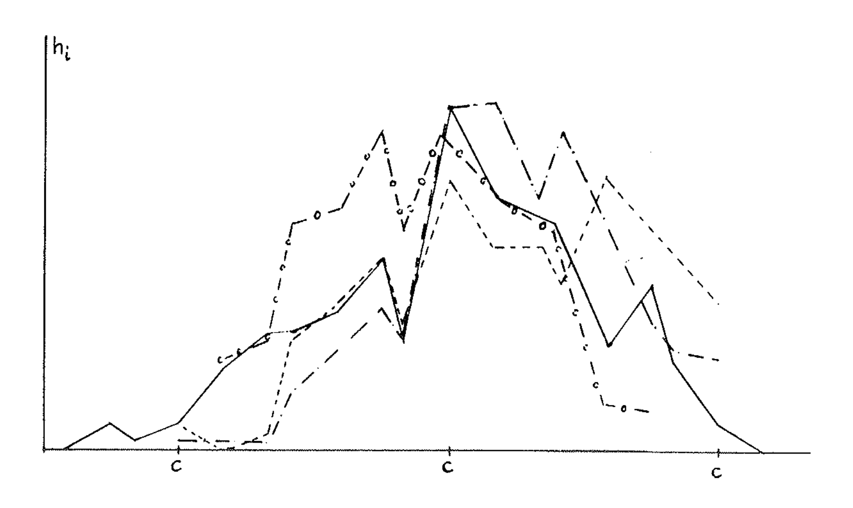
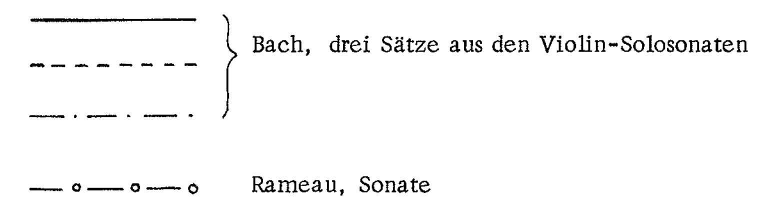


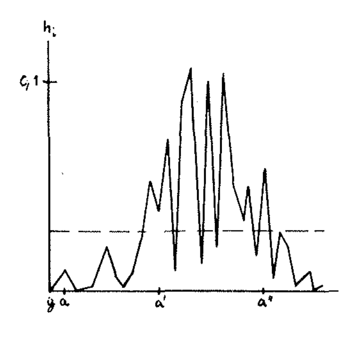
Bild 1

Der Verlauf der Tonhöhenhäufigkeit in Kompositionen des Barock. Es ergibt sich ein ziemlich gleichmäßiges Bild der Bevorzugung der Hauptstufen unseres Tonsystems.

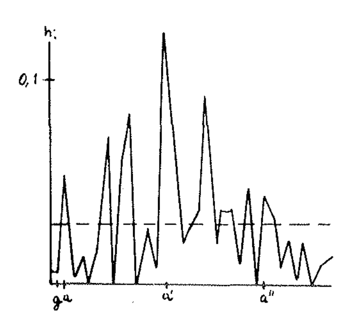


Die Dominanz einzelner Stufen unseres Tonsystems geht im Laufe der Musikgeschichte immer mehr zurück. Bei den "Atonalen" nähert sich die Kurve der Geraden bei Gleichverteilung der Tonhöhen (Bild 2).

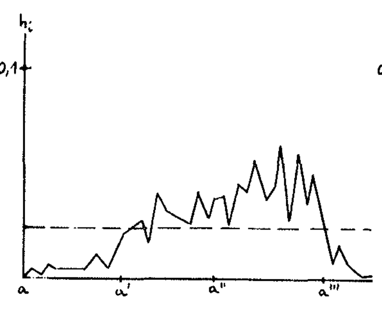
Eine Möglichkeit, diese Beobachtungen in die Form einer mathematischen Aussage zu bringen, bietet die Informationstheorie.



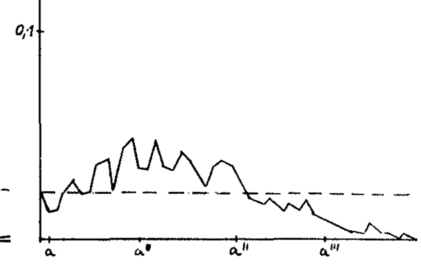
Bach: Violinkonzert a



Schumann: Violinkonzert



Hindemith: Violinkonzert



Berg: Violinkonzert

Bild 2

Verteilungen der relativen Häufigkeiten (h_i) der Tonhöhen.
Die gestrichelte Gerade gibt die jeweilige Gleichverteilung der Häufigkeiten an.

Sind h_i die relativen Häufigkeiten eines Zeichens in einem geschlossenem Text aus n verschiedenen Zeichen, so gilt die Shannonsche Formel zur Errechnung des durchschnittlichen Informationsbetrages eines Zeichens:

$$H = \sum_{i=1}^{n} h_i \cdot ld \frac{1}{h_i} ; \qquad \text{bei} \sum_{i=1}^{n} h_i = 1 .$$

Der durchschnittliche Informationsbetrag H eines Zeichens ist die Entropie des Textes.

Es werden nun für jede Komposition die Häufigkeiten der einzelnen Tonhöhen und Tonlängen ausgezählt und die Werte für die Entropie bestimmt.

Nun ist aber der Repertoireumfang bei den einzelnen Werken verschieden. Die Entropiewerte können erst dann miteinander verglichen werden, wenn eine Größe gefunden ist, bei der der Umfang des verwendeten Repertoires herausfällt.

Die geeignete Größe ist der Wert für die Redundanz, der H zur maximalen Entropie in Beziehung setzt durch

$$R = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} .$$

Die Funktion $H = \sum_{i=1}^{n} h_i \cdot ld\ 1/h_i$ erreicht ihr Maximum bei Gleichverteilung der Häufigkeiten h_i. Also

$$H_{max} = ld\ n$$

und

$$R = \frac{ld\ n - H}{ld\ n}$$

Erst damit ist es möglich, verschiedene Kompositionen zueinander in Beziehung zu setzen, da der Wert R von Textlänge und Repertoireumfang unabhängig ist.

Als Beispiel für die Berechnung von R sei der zweite Satz von Schumanns Violinkonzert angeführt. Die Verteilung der Tonwerthäufigkeiten zeigt folgendes Schema

1/16	1/8	3/16	1/4	3/8	1/2	3/4	/8-Triolen
154	116	14	39	7	6	3	6

Die Formel für die Entropie $H = \sum_{i=1}^{n} h_i \cdot \mathrm{ld}\ 1/h_i$ soll der Einfachheit halber verwandelt werden in

$$H = \mathrm{ld}\ u - 1/u \sum_{i=1}^{n} N_i \cdot \mathrm{ld}\ N_i$$

wobei $u = \sum_{1}^{n} N_i$ gilt, und N_i die absoluten Häufigkeiten bezeichnet.

Für das Beispiel gilt dann

$$H = \mathrm{ld}\ 345 - \frac{1}{345} \cdot (154 \cdot \mathrm{ld}\ 154 + \ldots + 3 \cdot \mathrm{ld}\ 3) = 1{,}96821$$

und die Redundanz $R = \dfrac{\mathrm{ld}\ 8 - 1{,}96821}{\mathrm{ld}\ 8} = 0{,}34393$.

Zur anschaulichen Darstellung werden die Ergebnisse in ein Koordinatensystem eingetragen. Auf der Abszisse liegt die Tonhöhenachse, auf der Ordinate die Tonlängen-achse (Bild 3). Darauf lassen sich nun "Stilkonstanz" und "Stilstreuung" einzelner Autoren ebenso ablesen wie "Nachbarschaft" und "Abstand" verschiedener Werke. Deutlich wird hier, daß die Entwicklung der abendländischen Musik in e i n e r Richtung erfolgte: Die Redundanz verringerte sich monoton.

Bildet man die Mittelwerte der R-Werte ganzer Epochen und trägt diese über den Mittelwerten der Kompositionsdaten auf, so ergibt sich zum Schluß Bild 4.

Mit diesem Versuch sollte gezeigt werden, daß es möglich ist, mit mathematischen Methoden Aussagen über ein Gebiet zu machen, das bisher einer quantitativen Erfassung für unzugänglich gehalten wurde. Wie man sieht, genügen schon solche Größen wie die Häufigkeiten der Töne, um zu Ergebnissen zu kommen. Daß die Häufigkeitsverteilung

nicht "die Musik ausmacht" ist selbstverständlich. Es sei daher nochmals betont, daß über die Inhalte der Kunst von Seiten einer Wissenschaft, die nur mit meßbaren Größen operiert, nichts gesagt werden kann. Doch liegt ein Schließen von einem auf das andere nicht außerhalb des Möglichen.

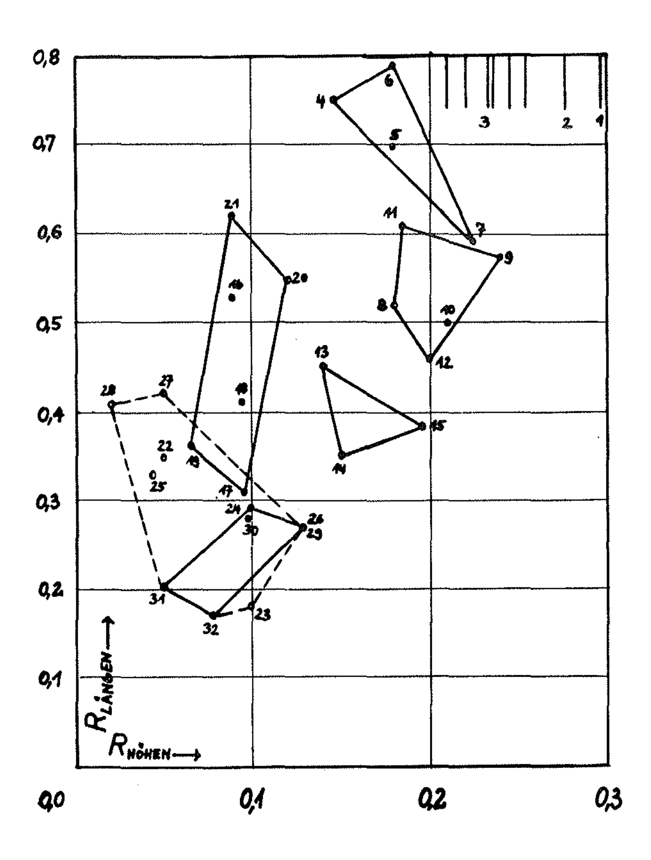


Bild 3

Die Redundanzwerte für die Tonhöhen- und Tonlängenverteilungen ($R_{Höhen}$ und $R_{Längen}$) lassen sich in ein Koordinatensystem eintragen. Kompositionen der gleichen Stilepochen sind zusammengefaßt.

zu Bild 3

Die untersuchten Werke:

Gregorianik

1	Orationston
2	Confitebor Domine
3	Teile der Gregorianischen Matthäuspassion

Barock

4	Händel: Violinsonate D - dur
5 - 7	Bach: Violinkonzert a-moll (3 Sätze)

Klassik

8 - 9	Mozart: Violinkonzert KV 271 a (S. 1 und 3)
10	Mozart: Ave verum
11 - 12	Beethoven: Violinkonzert (S. 1 und 2)

Romantik

13 - 15	Schumann: Violinkonzert

Moderne (tonal)

16 - 18	Hindemith: Violinkonzert
19 - 21	Bartók: Violinkonzert

Moderne (atonal)

22	Schönberg: Violinkonzert (S. 2)
23	Berg: Violinkonzert (S. 1)
24	Barber: Violinkonzert (S. 1)
25 - 28	Webern: Vier Stücke für Violine und Klavier

"musica viva"

29 - 31	Klebe: Violinsonate op. 14
32	Piston: Violinsonate

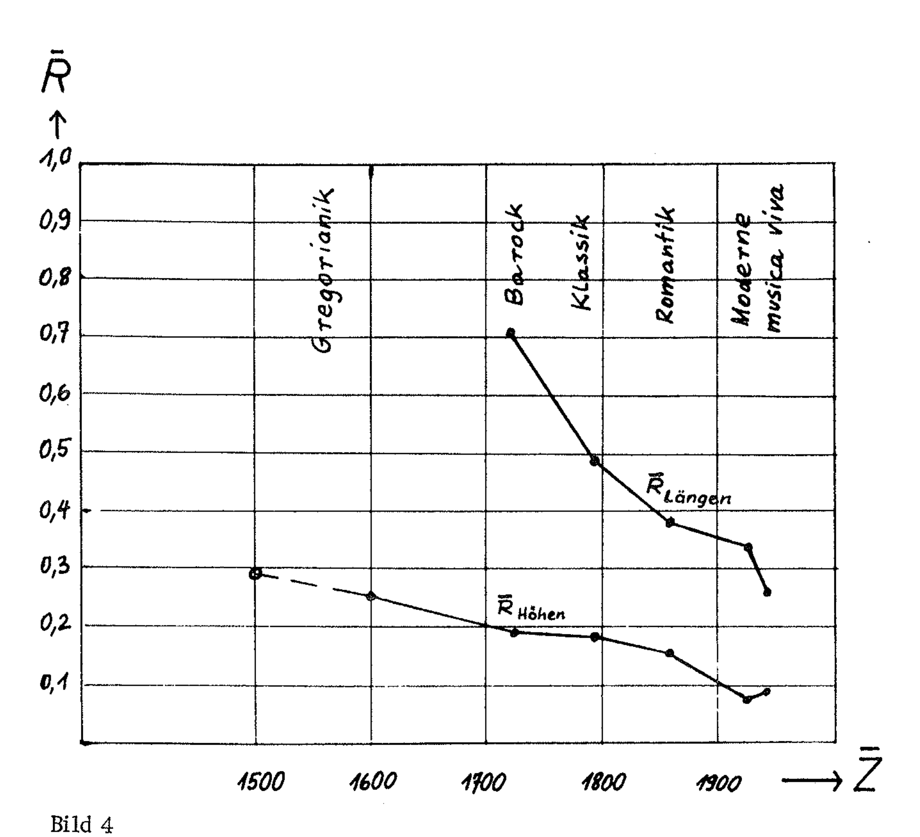


Bild 4

Verlauf der Redundanzwerte.
Es bezeichnen $\bar{R}$ die gemittelte Redundanz
$\bar{Z}$ die gemittelte Kompositionszeit

Schrifttumsverzeichnis:

Fucks, Wilhelm: "Gibt es mathematische Gesetze in Sprache und Musik?" in: Die Umschau in Wissenschaft und Technik, Jg. 1957, S. 33-37. (überarbeitete Fassung in H. Frank, Hsg., Kybernetik - Brücke zwischen den Wissenschaften, 3. Aufl. 1964, S. 171-183.)

Fucks, Wilhelm: "Mathematische Musikanalysen und Randomfolgen, Musik und Zufall" in: Gravesaner Blätter, Jg. 1962, S. 132 - 145.

Eingegangen am 31. August 1964.

DAS RHETOMETER – EIN RHETORISCHES RÜCKKOPPELUNGSINSTRUMENT

von Helmar Frank (Waiblingen) und Eberhard Schnelle

1. Problemstellung

Nach der Art des Nachrichtenflusses zwischen Lehrsystem und Lernsystem(en) werden in der Kybernetischen Pädagogik vier wichtigste Unterrichtssituationen unterschieden: die Vorlesungssituation, die Einzelschulung, die Parallelschulung und die Gruppenschulung (Frank 1963, S. 15 f). Während bei der (entsprechend definierten) Vorlesungssituation ein Informationsfluß vom Lernsystem zum Lehrsystem fehlt, so daß alle Nachteile des Steuerungsprinzips gegenüber dem Regelungsprinzip auftreten, strömt bei der Parallelschulung dem Lehrsystem Information von jedem Lernsystem getrennt zu, so daß die Nachrichtenverarbeitungskapazität des Lehrsystems, sofern dieses im konkreten Falle ein Mensch (Lehrer) ist, in der Regel überschritten wird. Der bekannte Ausweg, die als wesentlich angesehenen Funktionen des Lehrers durch einen Allzweckrechner zu objektivieren (Frank, 1963, S. 16; Berger, 1963) dürfte auch künftig in vielen Fällen daran scheitern, daß neue Sachverhalte so rasch einer bestimmten Anzahl von Adressaten gelehrt werden müssen, daß keine Zeit für die Entwicklung und Programmierung eines Lehralgorithmus verbleibt, daß sie also unmittelbar vom Menschen vorzutragen sind. In diesem Falle wäre eine Rückkoppelung über ein Ausmittlungssystem wünschenswert, das dem Redner unmittelbar die für seine weitere Vortragsgestaltung wichtigen statistischen Werte liefert. Damit gelangen wir zu einer fünften Unterrichtssituation (Bild 1), bei welcher trotz vorhandener Rückkoppelung und trotz der Vielzahl der Adressaten die Nachrichtenverarbeitungsfähigkeit des lehrenden Menschen nicht notwendig überschritten wird. Wir werden sehen, daß ein solches Ausmittlungssystem nicht nur in der semantischen Dimension der Nachrichten, nämlich insbesondere als Anzeiger eines mittleren Verständnisses der Adressaten, verwendbar ist, sondern auch in der syntaktischen und der pragmatischen Dimension.

2. Technische Realisierung

Die einfachste Realisierung des besagten Ausmittlungssystems dürfte darin bestehen, daß jedem der a Adressaten die Möglichkeit geboten wird, den jeweils interessierenden Parameter (Lautstär-

ke, inhaltliche Verständlichkeit, normative Überzeugungskraft u.a.) seines subjektiven Urteils über die Rede als Zahlenwert p zwischen zwei Grenzen (z.B. 0 % und 100 % Verständlichkeit) unbemerkt einzustellen, und daß durch eine geeignete Schaltung dem Redner das arithmetische Mittel $\bar{p}$ dieser Einstellung angezeigt wird.

Dazu können a lineare Potentiometer desselben vollen Widerstandes r hintereinander geschaltet werden, so daß jeder Teilwiderstand der Serienschaltung eine zum Drehwinkel des Schaltkopfes proportionale Größe $p_k \cdot r$ mit $0 \leqq p_k \leqq 1$ und $k = 1, 2, \ldots, a$ hat. Fließt durch diese Widerstandskette der eingeprägte Strom i_a, dann wirft er die Gesamtspannung

$$(1) \qquad u = i_a \cdot \sum_{k=1}^{a} p_k \cdot r = a \cdot i_a \cdot r \cdot \bar{p}$$

auf, wobei natürlich auch das arithmetische Mittel $\bar{p}$ nur zwischen 0 und 1 liegen kann. Ein Spannungsinstrument mit dem Endausschlag $i_a \cdot r \cdot a$ zeigt dann stets den momentanen Wert $\bar{p}$ an.

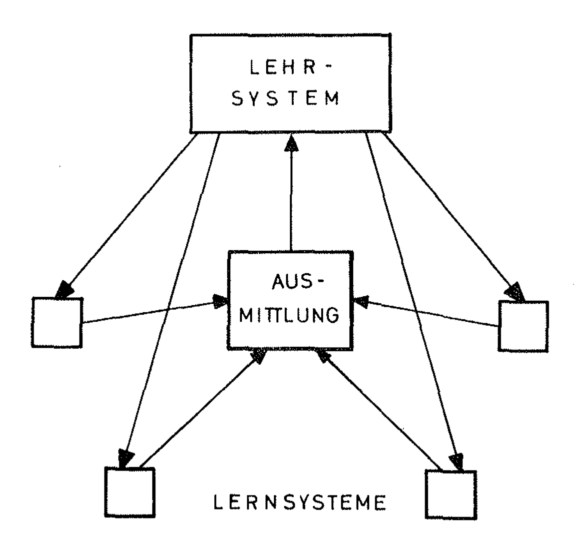


Bild 1:

Die Unterrichtssituation der "Vortragsregelung"

Einer einfachen und exakten Realisierung dieses Systems steht die Schwierigkeit der Erzeugung eines eingeprägten Stromes i_a entgegen. Praktisch wird man die Potentiometerkette über einen Vorwiderstand R an eine Urspannung U anlegen müssen. Verwendet man einen Röhrenvoltmeter bzw. ein Meßinstrument ohne Leitwert, dann gilt für i_a

(2) $$i_a = \frac{U}{R + a \cdot r \cdot \bar{p}} ,$$

d.h. der "eingeprägte" Strom darf nur für $R \gg a \cdot r$ oder $\frac{r}{R} = \varrho \ll \frac{1}{a}$ als praktisch unabhängig von $\bar{p}$ angesehen werden, streng genommen gilt statt (1) die Gleichung

(1a) $$u = \frac{U}{R(1 + a \cdot \varrho \cdot \bar{p})} \cdot r \cdot \bar{p}$$

Die gemessene Spannung u ist nun zwar keine lineare, aber noch immer eine monotone Funktion von $\bar{p}$, so daß durch (1a) lediglich eine nichtlineare Skalenteilung des Voltmeters erzwungen wird. Praktisch wird man den Aufwand eines Röhrenvoltmeters vermeiden und stattdessen ein Drehspulinstrument mit nicht vernachlässigbar kleinem Leitwert verwenden. Wir bezeichnen den a-ten Teil des Gesamtwiderstandes des Drehspulinstruments samt aller seiner etwaigen Vorwiderstände mit D. Dann liegt die Urspannung U am Gesamtwiderstand

(3) $$R_{ges} = R + \frac{a \cdot r \cdot D \cdot \bar{p}}{r \cdot \bar{p} + D} .$$

Man wird natürlich D so bemessen, daß das Instrument für $\bar{p} = 1$, also beispielsweise bei hundertprozentiger Verständlichkeit des Referats für alle Adressaten, seinen vollen Ausschlag zeigt.

Der durch R fließende Gesamtstrom $i = U/R_{ges}$ verteilt sich nun auf den die Potentiometer enthaltenden Zweig und den Zweig mit dem Voltmeter im umgekehrten Verhältnis zum Gesamtwiderstand dieser beiden Zweige. Daher ist (1a) zu ersetzen durch

(1b) $$u = a \cdot \frac{U}{R(1 + a \cdot \varrho \cdot \bar{p} + f \cdot \bar{p})} \quad r \cdot \bar{p}$$

wenn $f = r/D$ gesetzt wird.

Noch immer ist u eine monotone, wenn auch nichtlineare Funktion von $\bar{p}$. Das Meßinstrument kann also stets so geeicht werden, daß es das arithmetische Mittel $\bar{p}$ anzeigt, unabhängig von den fest gewählten Verhältnissen $\varrho = r/R$ und $f = r/D$.

Fordert man nun, daß das Voltmeter das arithmetische Mittel $\bar{p}$ mit vorgegebener Genauigkeit unabhängig von der Zahl a der Adressaten anzeigt, dann muß wegen (1b)

1. außer der anliegenden Spannung u auch der Gesamtwiderstand des Instruments samt seiner Vorwiderstände zu a proportional, nämlich a . D mit konstantem Teilwiderstand D sein;
2. $\varrho \ll \frac{1}{a}$ gelten, damit u genügend genau zu a proportional ist.

Die erste Forderung ist dadurch zu erfüllen, daß dem (gegebenfalls erhöhten) Innenwiderstand D des Meßinstruments a - 1 gleichgroße hintereinandergeschaltete Widerstände vorgeschaltet werden, und daß man je einen dieser Vorwiderstände gleichzeitig mit einem nicht benutzten Potentiometer (freier Adressatenplatz) überbrückt (vgl. Bild 2). Dem Widerstand des Meßinstruments selbst entspricht dann ein nicht abschaltbares Potentiometer, das z. B. am Platz des Diskussionsleiters angebracht werden kann (das unterste in Bild 2).

Die zweite Forderung ist nur bei Vorgabe einer maximalen Adressatenzahl A erfüllbar. Da der Transinformationsgehalt des absoluten Urteils bei keiner Sinnesmodalität und -qualität größer als etwa 3 bit zu sein scheint (vgl. Attneave, 1959 und Luce, 1960), wird man auch bei der subjektiven Beurteilung eines "rhetorischen Parameters" ein besseres Auflösungsvermögen als in höch -

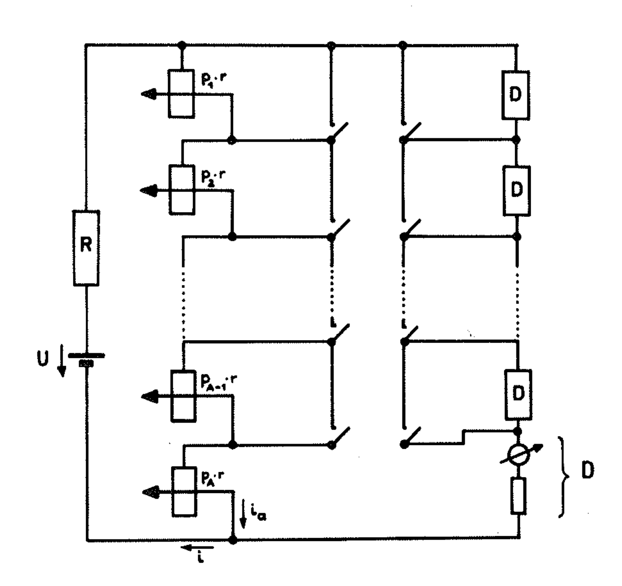


Bild 2:
Einfache Realisierung eines Rhetometers für maximal A Adressatenplätze

stens etwa 8 Stufen nicht voraussetzen dürfen, d.h. eine 10%ige Genauigkeit der Anzeige des Instruments bei variierter Adressatenzahl ist völlig ausreichend. Damit der Vollausschlag für a = A um weniger als 10 % überschritten wird, wenn a auf 0 sinkt, muß nach (1b) gelten:

(4) $$\varrho \leqq \frac{0,1\,(1+f)}{A} < \frac{0,1}{A} \,.$$

Bei der am Lehrstuhl für Informationswissenschaft der Pädagogischen Hochschule Berlin für das Organisationsteam Schnelle, Quickborn, von den Herren Apel, R. Kistner und G. Müller gebauten Anlage (Bild 3) wurden bis A = 40 Adressatenanschlüsse vorgesehen. Die gewählte Dimensionierung ist $r = 100\,\Omega$, $R = 64\ k\Omega$, $D = 200\,\Omega$, also $\varrho = 1/640$, $f = 0,5$.

3. Anwendung

Die Anlage, für welche die Bezeichnung "Rhetometer" vorgeschlagen wird, kann im Prinzip für alle drei Zeichendimensionen und damit als mittelndes Regelungsglied bei allen Typen der freien Rede (vgl. Frank-Böhringer, 1963, S. 15-20) eingesetzt werden. Besonders interessant ist die Verwendung für die semantische und die pragmatische Zeichenfunktion.

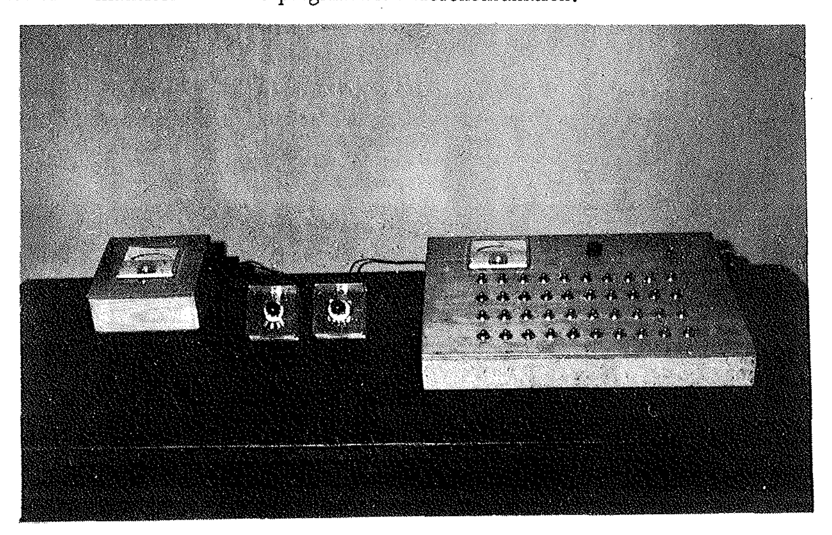


Bild 3: Pult des Diskussionsleiters mit Rhetometer und Abschaltknöpfen für freie Adressatenplätze (rechts), zwei Potentiometer (Mitte) und Rhetometer des Referenten (links).

Bei der Verwendung in der semantischen Zeichenfunktion zeigt das Instrument dem Fachreferenten (und dem Diskussionsleiter) an, ob der Transinformationsgehalt der Wortfolge über die darin ausgedrückten Sachverhalte angemessen hoch ist. Dadurch wird eine Einregelung der vom Referenten aufgewandten Redundanz auf einen Sollwert ermöglicht. Die Adressaten können (unbemerkt) durch Drehung an ihrem Potentiometer zum Ausdruck bringen, ob sie dem Inhalt des Referats zu 100 % folgen können (rechte Extremstellung) oder überhaupt nicht (linke Extremstellung) oder zu einem dazwischenliegenden Prozentsatz p_k. Die Erprobung zeigte jedoch, daß auf diese Weise eine zu große Redundanz nicht abgebaut wird, da der Adressat zwar die Möglichkeit hat, eine für ihn zu geringe Redundanz durch $p_k < 100$ % anzuzeigen, nicht aber eine für ihn zu große. Daher wurde an die Potentiometer eine fühlbare Zwischenmarke angebracht, von wo aus der Adressat um einen entsprechenden Winkel und rechts bzw. nach links drehen kann, je nachdem, ob ihm das Vorgetragene als semantisch zu redundant oder zu wenig faßbar erscheint.

Der Einsatz des Rhetometers in der semantischen Dimension ist übrigens eine Verallgemeinerung der Umschalter, mit denen Heribert Heinrichs bei seinen schulinternen Fernsehunterrichtsversuchen die Adressaten binär kundtun läßt, ob sie einen bestimmten Sachverhalt verstanden oder nicht verstanden haben.

Bei der Verwendung in der pragmatischen Zeichenfunktion kann der Adressat den Grad seiner Zustimmung zu vorgetragenen Forderungen zum Ausdruck bringen, was dem agitatorischen Redner (im Sinne der Terminologie von Frank-Böhringer, 1963 S. 9 und 19) ein überlanges Plädoyer für schon angenommene Postulate erspart. Diese Anwendung kann insbesondere die Beschlußfassung in entscheidenden Gremien der Wirtschaft und Politik beschleunigen.

4. Weiterentwicklung

Eine Weiterentwicklung liegt in zwei Richtungen nahe. Erstens könnte man durch mehrere Instrumente und mehrere Potentiometer pro Adressatenplatz mehrere interessierende Redepartner syntaktischer, semantischer und pragmatischer Art beurteilen lassen. Zweitens könnte man versuchen, außer dem Mittelwert $\bar{p}$ auch die Streuung (z.B. unter Verwendung des Hall-Effektes oder eines Spezialzweck-Hitzdrahtinstruments) anzuzeigen, oder zumindest die Zahl der unterhalb einer bestimmten Schwelle liegenden Potentiometereinstellungen. Bei all diesen Erweiterungen ist natürlich ein allzugroßer Informationsrückfluß zum Redner mit Rücksicht auf dessen beschränkte Nachrichtenverarbeitungskapazität zu vermeiden.

Eine andere naheliegende Weiterentwicklung ist schließlich der Anschluß eines Geräts zur zeitlichen Aufzeichnung von $\bar{p}$ (synchron zur Tonbandaufnahme der Rede bzw. des Vortrags). Damit würden Unterlagen für die genauere Analyse der Redewirkung verfügbar, was für die wissenschaftliche Pädagogik und die Theorie der Rhetorik interessant werden könnte.

Schrifttumsverzeichnis

Attneave, Fred: Applications of Information Theory to Psychology A summary of basic concepts, methods and results. Henry Holt & Co. New York, 1959, 120 S.

Berger, Manfred: Universal-Rechenautomaten als Lehrmaschinen In: H. Frank (Hsg.): Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Bd. I, Klett-Oldenbourg, Stuttgart-München 1963, S. 27-35

Frank, Helmar: Kybernetik und Lehrmaschinen In: H. Frank (Hsg.), Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Bd. I, Klett-Oldenbourg, Stuttgart-München, 1963, S. 13-26

Frank-Böhringer, Brigitte (Hsg.) Rhetorische Kommunikation. Grundlagen und Methodik des Redens. Verlag Schnelle, Hamburg-Quickborn, 1963, 136 S.

Luce, R. Duncan: The Theory of Selective Information and some of its Behavioral Applications. In: Luce, R. D. (Hsg.) Developments in Mathematical Psychology. The Free Press of Glancoe, Glancoe, Illinois 1960

Eingegangen am 4. Juli 1964

KYBERNETISCHE VERANSTALTUNGEN

Die Pädagogische Hochschule Berlin führt im Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1964/65 erstmals eine Vorlesungsgruppe "Kybernetik" auf. Die Vorlesungen, die auch Studierenden mit anderen als pädagogischen Studienrichtungen zugänglich sind, gelten einer Einführung in die Informationswissenschaft, der Theorie abstrakter Automaten, der Informationstheorie, der Regelungstechnik, einer Einführung in die mathematische Statistik, der angewandten Organisationskybernetik, der Philosophie der Kybernetik und kybernetischen Grundlagen der Didaktik.

Die "Arbeitsgemeinschaft Programmierte Instruktion e. V." veranstaltet vom Donnerstag, 25. März, bis Samstag, 27. März 1965, das 3. Nürtinger Symposion über Lehrmaschinen. Anmeldungen beim örtlichen Tagungsleiter: Richard Riederer, 744 Nürtingen, Farrenstr. 7. Der wissenschaftlichen Tagnng gehen in Nürtingen außerhalb der Verantwortlichkeit der AgPI an den beiden Vortagen einführende Veranstaltungen anläßlich einer Fachausstellung über Kybernetische Pädagogik und Programmierte Instruktion voraus. Anfragen hierzu werden ebenfalls von Herrn Riederer beantwortet.

Die "Deutsche Arbeitsgemeinschaft Kybernetik" veranstaltet vom Montag, 8. August bis Samstag, 13. August 1965, in Kiel einen internationalen Kybernetik-Kongreß. Auf dem vorläufigen Tagungsprogramm stehen Vorträge über biologische, medizinische und physiologische Fragen, über kybernetische Probleme der Psychologie, Pädagogik und Philosophie, über Nachrichtentechnik, Informationstheorie, Steuerungs- und Regelungstechnik und Lernmodelle, sowie über Themen aus der mathematischen Kybernetik, der Rechenautomatentechnik und der informationswissenschaftlichen Anwendung von Rechenautomaten, insbesondere bei der automatischen Sprachübersetzung.

Die Technische Universität Berlin bereitet ein Brennpunktprogramm vor, das von der Stiftung "Volkswagenwerk" unterstützt wird. Neben der Navigation ist auch die Kybernetik als Brennpunkt vorgesehen.

Richtlinien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.
Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.
Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.
En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne peuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.
La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doit être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.



Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.
Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.
If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.
Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.